

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Bescheinigung

Die DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH in Traunreut/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Winkelmeßsystem"

am 20. Februar 1999 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol G 01 B 21/22 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 25. November 1999
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'W. Weimer'.

Aktenzeichen: 199 07 326.0

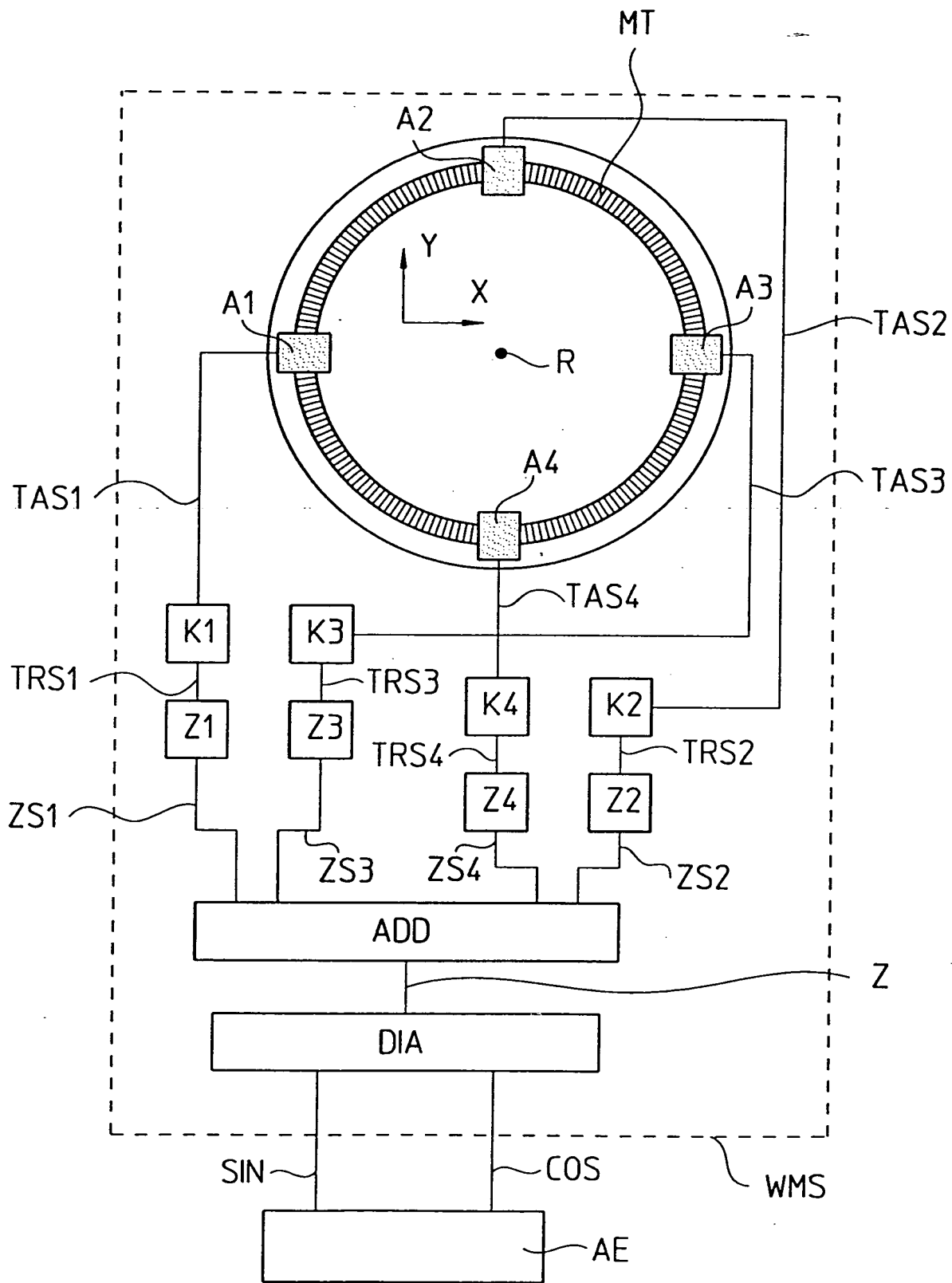
W. Weimer

Zusammenfassung

Winkelmeßsystem

=====

Es wird ein Winkelmeßsystem zur hochpräzisen Bestimmung der Winkelposition eines um eine Drehachse rotierenden Objektes angegeben. Dieses umfaßt einerseits eine rotationssymmetrische Meßteilung, die mit dem rotierenden Objekt verbindbar ist und andererseits mehrere Abtasteinheiten, die zur Abtastung der Meßteilung an mehreren verschiedenen Meßteilungsorten dienen und winkelpositionsabhängige Teil-Ausgangssignale liefern. Die Abtasteinheiten sind in einer definierten räumlichen Orientierung in einer Baueinheit stationär angeordnet. Ferner umfaßt das Winkelmeßsystem Korrekturmittel, um die Teil-Abtastsignale der Abtasteinheiten zu erzeugen, um Ausgangssignale zu liefern, welche um eventuelle Fehler bereinigt sind, die durch eine ggf. vorliegende Nicht-Übereinstimmung der Drehachse des Objektes mit der Symmetrieachse der Meßteilung resultieren (Figur 2a).



Winkelmeßsystem

=====

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Winkelmeßsystem, insbesondere ein Winkelmeßsystem ohne Eigenlagerung.

Hochgenaue Winkelmeßsysteme mit einer meßsystemseitigen Welle und
5 einer entsprechenden Eigenlagerung der Welle sind beispielsweise aus dem
Buch „Digitale Längen- und Winkelmeßtechnik“, A. Ernst, Verlag Moderne
Industrie, 3. Auflage 1998, S. 61 – 64 bekannt. Um die geforderte Meßge-
nauigkeit zu erreichen sind hochpräzise und dementsprechend teure Präzi-
sionslager auf Seiten des Winkelmeßsystems erforderlich, über die die Welle
10 gelagert wird. Über eine geeignete Kupplung ist die Welle mit einer Teil-
scheibe verbunden, welche die radiale Meßteilung trägt. Die Meßteilung
wiederum wird mittels stationärer Abtasteinheiten im Winkelmeßsystem zur
Erzeugung winkelabhängiger Ausgangssignale abgetastet. Zur Weiterverar-
beitung werden die winkelabhängigen Ausgangssignale, beispielsweise in
15 Form sinusförmiger Inkrementalsignale, an eine nachgeordnete Auswerte-
einheit übertragen.

- Daneben sind aus obigem Buch, S. 64 – 70, Winkelmeßsysteme ohne Eigenlagerung bekannt, bei denen eine rotationssymmetrische Meßteilung bzw. eine entsprechende Teilscheibe unmittelbar auf einer rotierenden Welle angeordnet wird. Stationär in Bezug auf die rotierende Teilscheibe sind ein
- 5 oder mehrere Abtasteinheiten vorgesehen, über die die Meßteilung z.B. photoelektrisch abgetastet wird. Die Abtasteinheiten sind bei derartigen Systemen nunmehr nicht fest in Bezug auf die Teilscheibe bzw. Meßteilung angeordnet, sondern müssen bei der Montage hierzu korrekt ausgerichtet werden, was einen entsprechenden Justageaufwand verursacht. Ferner ist
- 10 bei diesen Winkelmeßsystemen nicht a priori gewährleistet, daß die Drehachse der rotierenden Welle mit der Teilscheibenachse zusammenfällt, d.h. es kann möglicherweise eine Exzentrizität oder eine Taumelbewegung der rotierenden Teilscheibe vorliegen, die wiederum Fehlmessungen zur Folge hat. Es wurde deshalb schon vorgeschlagen, mit Hilfe mehrerer separater
- 15 Abtasteinheiten den resultierenden Exzentrizitätsfehler zu beseitigen. In diesem Zusammenhang sei etwa auf die EP 0 325 924 B1 der Anmelderin verwiesen. Nach wie vor ist jedoch in diesem Fall die exakte Justage der Abtasteinheiten in Bezug auf die rotierende Meßteilung erforderlich.
- 20 Desweiteren sind sog. vormontierte Einbaudrehgeber bekannt, die ebenfalls keine Eigenlagerung aufweisen und bei denen ein oder mehrere Abtasteinheiten in einem stationären Teil umfassen und zur Abtastung der Teilscheibe dienen, die auf einer rotierenden Welle angeordnet ist. Auch bei diesen Systemen ist wie bei den vorhergehen erwähnten Winkelmeßsystemen ohne
- 25 Eigenlagerung eine hochpräzise Justage der Abtasteinheiten in Bezug auf die rotierende Meßteilung erforderlich.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Winkelmeßsystem anzugeben, die möglichst ohne aufwendige Eigenlagerung auskommt und dabei

30 trotzdem eine hochpräzise, fehlerfreie Erfassung der Winkelposition eines rotierenden Objektes erlaubt. Ferner soll das Winkelmeßsystem möglichst einfach und ohne großen Justageaufwand zu montieren sein.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Winkelmeßsystem mit den Merkmalen des Anspruches 1.

5 Vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Winkelmeßsystems ergeben sich aus den Maßnahmen in den abhängigen Patentansprüchen.

10 Die erfindungsgemäßen Maßnahmen ermöglichen nunmehr die Realisierung eines hochpräzisen Winkelmeßsystem ohne aufwendige Eigenlagerung. Es wird vielmehr auch für die rotierende Meßteilung die bereits vorhandene Lagerung des rotierenden Objektes bzw. der entsprechenden Welle genutzt, dessen Winkelposition erfaßt werden soll. Hierbei kann es sich z.B. um einen Schwenkrundtisch an einer Werkzeugmaschine handeln.

15 Desweiteren entfallen Justage- bzw. Montageprobleme in Verbindung mit der korrekten Positionierung der Abtasteinheiten in Bezug auf die rotations-symmetrische Meßteilung, da die Abtasteinheiten in einer Baueinheit bereits herstellerseitig vormontiert werden. Aufgrund der nachfolgend noch detailliert zu erläuternden Maßnahmen ist auf Seiten des Anwenders keine
20 weitere Justage der Abtasteinheiten nach dem Anbau an eine rotierende Welle erforderlich.

25 Eventuell vorliegende Exzentrizitätsfehler, z.B. verursacht durch den nicht perfekten Rundlauf einer Welle, werden durch den erfindungsgemäßen Einsatz von Korrekturmitteln auf Seiten des Winkelmeßsystems korrigiert.

Als Korrekturmittel fungieren hierbei bestimmte Abtastanordnungen mit mehreren Abtastfeldern sowie bestimmte Signalverarbeitungselemente auf Seiten des Winkelmeßsystems. Das erfindungsgemäße Winkelmeßsystem liefert demzufolge ein oder mehrere winkelabhängige Ausgangssignale, die
30 keine Exzentrizitäts-Fehler aufweisen.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung existieren neben dem nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiel selbstverständlich vielfältigste weitere Ausführungsvarianten.

So ist die Art der Abtastung nicht auf optische bzw. photoelektrische Systeme beschränkt, d.h. es können alternativ auch andere physikalische Abtastprinzipien zur Abtastung der Meßteilung eingesetzt werden, wie z.B. induktive, kapazitive oder magnetische Abtastprinzipien.

5 Desweiteren kann neben einer Teilscheibenabtastung selbstverständlich auch eine sog. Trommelabtastung auf Grundlage der erfindungsgemäßen Überlegungen realisiert werden. Ebenso kann neben der Ausbildung als Durchlicht-System auch eine Ausgestaltung als Auflicht-System mit reflektierender Meßteilung jederzeit erfolgen.

10 Neben ein oder mehreren Inkremental-Meßteilungen können auch weitere Spuren neben der Meßteilung vorgesehen sein, die beispielsweise codierte Referenzmarkierungen zur Identifikation von Absolutpositionen aufweisen etc..

Ebenso existieren vielfältige Möglichkeiten, in welcher Form die exzentrisitätsfehlerfreien Ausgangssignale an die nachgeordnete Auswerteeinheit
15 übertragen werden. Beispielsweise ist eine Übertragung in analoger, sinusförmiger Form oder als digitale Rechtecksignale oder aber in seriell codierter Form möglich. Insbesondere die letztgenannte Form der Datenübertragung ermöglicht die Übertragung weiterer Zusatzinformationen vom erfindungsgemäßen Winkelmeßsystem an die Auswerteeinheit.
20

Weitere Vorteile sowie Einzelheiten des erfindungsgemäßen Winkelmeßsystems ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der beiliegenden Figuren.

25

Dabei zeigt

Figur 1

eine schematisierte, seitliche Ansicht einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Winkelmeßsystems in Verbindung mit einem Schwenkrundtisch;

30

Figur 2a

eine schematische Darstellung der Signalverarbeitung im erfindungsgemäßen

Winkelmeßsystem, wie sie z.B. in der Ausführungsform gemäß Figur 1 realisierbar ist;

5 Figur 2b eine weitere Variante der Signalverarbeitung im erfindungsgemäßen Winkelmeßsystem, wie sie z.B. ebenfalls in der Ausführungsform gemäß Figur 1 realisierbar wäre.

10

Anhand von Figur 1 sei nachfolgend der grundsätzliche mechanische Aufbau einer möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Winkelmeßsystems erläutert. Gezeigt ist hierbei eine seitliche, z.T. schematisierte Schnittansicht eines Winkelmeßsystems, angeordnet an einem Schwenkrundtisch einer Werkzeugmaschine.

15

Vom Schwenkrundtisch ist lediglich ein stationäres Teil 50 erkennbar, das die Form eines Zylindermantels aufweist. Im Zylinderinneren ist eine um die Rotationsachse Achse R rotierende Welle 51 des Schwenkrundtisches angedeutet. Die Welle 51 ist über geeignete Lager im stationären Teil 50 des Schwenkrundtisches gelagert, wobei die Lager aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit in Figur 1 nicht dargestellt sind.

20

Am unteren Ende des Schwenkrundtisches ist das erfindungsgemäße Winkelmeßsystem angeordnet, mit der die Winkelposition der rotierenden Welle 51 hochpräzise bestimmt wird. Das Winkelmeßsystem besitzt keine Eigenlagerung; die rotierende Welle 51, deren Winkelposition bestimmt wird, ist vielmehr lediglich in denjenigen Lagern drehbar um die Achse R gelagert, die dem Schwenkrundtisch zugeordnet sind.

25

Im wesentlichen weist das dargestellte Winkelmeßsystem einen zweiteiligen Aufbau auf, der zum einen eine stationäre Baueinheit umfaßt, die mit dem stationären Teil 50 des Schwenkrundtisches verbunden ist. Die Verbindung der stationären Baueinheit des Winkelmeßsystems mit dem stationären Teil 50 des Schwenkrundtisches erfolgt hierbei über Schraubverbindungen 10a,

30

10b. Zum anderen umfaßt das Winkelmeßsystem einen rotierenden Teil mit einer Meßteilung 4.

5 Zur stationären Baueinheit gehört i.w. ein Gehäuse 1 sowie mehrere Ab-
tasteinheiten 2 zur photoelektrischen Durchlicht-Abtastung einer Meßteilung
4. Die Abtasteinheiten 2 dienen zur Abtastung der rotierenden Meßteilung
an mehreren verschiedenen Meßteilungsorten und liefern mehrere winkel-
positionsabhängige Teil-Abtastsignale. Die verschiedenen Abtasteinheiten 2
sind hierbei jeweils in einer definierten räumlichen Orientierung in der statio-
10 nären Baueinheit angeordnet. In der Darstellung der Figur 1 ist von den vor-
gesehenen vier Abtasteinheiten lediglich eine einzige Abtasteinheit 2 er-
kennbar. Die Abtasteinheiten umfassen in der gezeigten Ausführung als
photoelektrisches Durchlicht-System eine Lichtquelle 2.1, ggf. eine der
Lichtquelle 2.1 vorgeordnete Kollimatoroptik 2.2, ein oder mehrere Ab-
15 tastfelder mit Abtastteilungen, die in Figur 1 nicht erkennbar sind sowie ein
oder mehrere optoelektronische Detektorelemente 2.3. Letztere sind auf ei-
ner Trägerplatine 3 angeordnet, die sich ebenfalls im Gehäuse 1 befindet.

Wie bereits oben angedeutet fungiert die gewählte Abtastanordnung als Kor-
20 rekturmittel, über das möglichst exzentrizitätsfehlerfreie Winkelpositions-
meßwerte erzeugt werden sollen. In Bezug auf die erfindungsgemäß ge-
wählte Abtastanordnung sei an dieser Stelle ausdrücklich auf die EP 0 412
481 B1 der Anmelderin verwiesen. Dort ist in der Figur 7 ein Beispiel für eine
Abtastanordnung offenbart, die im vorliegenden Winkelmeßsystem an meh-
25 reren Abtaststellen vorzugsweise eingesetzt wird. Die Abtastanordnung
umfaßt hierbei zwei Gruppen mit je vier Abtastfeldern, wobei die Abtastfelder
derart angeordnet sind, daß der Flächenschwerpunkt aller Abtastfelder der
einen Gruppe gleich dem Flächenschwerpunkt der Abtastfelder der anderen
Gruppe ist. Die Verschaltung der den Detektorelementen zugeordneten acht
30 Abtastfelder erfolgt hierbei gemäß der Figur 10 in der EP 0 412 481 B1. Pro
Abtasteinheit resultieren bei dieser Abtastanordnung je zwei Teil-Abtastsig-
nale, die auch im Fall einer eventuellen Exzentrizität sowohl eine stabile
Phasenbeziehung zueinander als auch ein stabiles Amplitudenverhältnis
zueinander aufweisen.

Grundsätzlich können selbstverständlich auch die anderen, in der EP 0 412 481 B1 offenbarten Varianten von Abtastanordnungen im erfindungsgemäßen Winkelmeßsystem zum Einsatz kommen.

- 5 Auf der Trägerplatine 3 sind neben den Detektorelementen 2.3 in der Regel noch zusätzliche Signalverarbeitungselemente als weitere Korrekturmittel angeordnet, die zur Weiterverarbeitung der über die Detektorelemente 2.3 erfaßten Teil-Abtastsignale dienen. In Bezug auf diese Korrekturmittel bzw. die darüber erfolgende Signalverarbeitung sei an dieser Stelle lediglich auf
10 die nachfolgende Beschreibung der Figuren 2a und 2b verwiesen.

- Wie in Figur 1 desweiteren erkennbar ist, sind die sendeseitigen Teile der Abtasteinheit 2 über eine Signalübertragungsleitung 2.4 mit der Trägerplatine 3 und darauf angeordneten detektorseitigen Elektronik-Komponenten
15 verbunden.

- Im Gegensatz zu bekannten lagerlosen Winkelmeßsystemen werden beim erfindungsgemäßen Winkelmeßsystem die Abtasteinheiten 2 bereits auf Seiten des Herstellers vormontiert bzw. vorjustiert. Es ist demzufolge keine
20 separate, zeitaufwendige Justage derselben am Einsatzort mehr erforderlich. Das erfindungsgemäße Winkelmeßsystem kann somit montage technisch als autarke Einheit betrachtet werden.

- Der zweite Teil des erfindungsgemäßen Winkelmeßsystems umfaßt die im wesentlichen innerhalb der stationären Baueinheit angeordnete Meßteilung
25 4, die relativ zur stationären Baueinheit und den darin angeordneten Abtasteinheiten 2 um die Rotationsachse R beweglich ist. Die kreisringförmige Meßteilung 4 ist hierbei auf einer kreisringförmigen Trägerscheibe 5 aus Glas angeordnet und besteht in der gezeigten Durchlichtvariante etwa aus licht-
30 undurchlässigen Chrom-Stegen und dazwischen befindlichen, lichtdurchlässigen Lücken, d.h. als Meßteilung 4 dient eine hinlänglich bekannte Inkremental-Meßteilung. Die Trägerscheibe 5 wiederum ist an einem kreisringförmigen Trägerring 6 aus Metall angeordnet, über den auch die Verbindung der Meßteilung 4 mit der rotierenden Welle 51 erfolgt. Hierzu wird der Trä-

gerring 6 über Schraubverbindungen 7a, 7b mit der Welle 51 starr bzw. drehsteif verbunden. Die Schraubverbindungen 7a, 7b sind axial in Bezug auf die Rotationsachse R orientiert, was eine besonders drehsteife Ankopplung der Meßteilung 3 an die rotierende Welle 51 darstellt.

5

Zwischen dem Gehäuse 1 des stationären Teiles der Baueinheit und dem Trägerring 6 auf Seiten des beweglichen Teiles sind ferner Dichtungselemente 8a, 8b vorgesehen. Hierbei sind die Dichtungselemente 8a, 8b oberhalb und unterhalb des rotierenden Trägerringes 6 auf Seiten des Gehäuses 1 angeordnet, die etwa als Lippendichtungen aus Polyurethan ausgebildet sind. Alternativ könnten selbstverständlich auch andere Dichtungselemente wie O-Ringe, V-Seal-Dichtungen etc. an dieser Stelle zum Einsatz kommen, um den Innenraum des stationären Gehäuses 1 des Winkelmeßsystems gegenüber der rotierenden Welle 51 abzudichten.

15

Da das erfindungsgemäße Winkelmeßsystem keine Eigenlagerung aufweist, sondern die rotierende Welle 51 in den vorhandenen Rundtisch-Lagern drehbar gelagert ist, kann ggf. eine Exzentrizität der rotierenden Meßteilung 4 vorliegen. Dies ist der Fall, wenn die Rotationsachse R nicht mit der Symmetrieachse der Meßteilung 4 übereinstimmt. Eine derartige Exzentrizität kann beispielsweise durch vorhandene Lager- und/oder Passungstoleranzen verursacht werden. Die Folge eventueller Exzentrizitäten sind Fehler bei der Bestimmung der exakten Winkelpositionen. Wie nachfolgend anhand der beiden Figuren 2a und 2b noch erläutert wird, sind auf Seiten des erfindungsgemäßen Winkelmeßsystems neben den abtastseitigen Korrekturmitteln noch weitere Korrekturmittel vorgesehen, um derartige exzentrizitätsbedingte Meßfehler zu kompensieren.

30

Im Hinblick auf die mechanische Auslegung des Winkelmeßsystemes ist in diesem Zusammenhang zu beachten, daß der im stationären Gehäuse 1 rotierende Teil des Winkelmeßsystemes, d.h. der Trägerring 6 mit Trägerscheibe 5 und Meßteilung 4 bei der Rotation auch im Falle eventueller Exzentrizitäten nicht mit dem Gehäuse 1 kollidiert. Der Innenraum des Gehäuses 1 ist demzufolge derart zu dimensionieren, daß auch eine ggf. vorlie-

gende Exzentrizität des rotierenden Teiles nicht zu einer Kollision mit stationären Teilen führt.

Außerdem sind beim erfindungsgemäßen Winkelmeßsystem auf Seiten der stationären Baueinheit Sollkontaktflächen 9.1, 9.2 zwischen dem rotierenden

5 Trägerring 6 und dem Gehäuse 1 vorgesehen, die die maximal zulässigen, axialen und radialen Bewegungen zwischen dem Trägerring 6 und dem Gehäuse 1 begrenzen. Insbesondere wird darüber eine Kollision der Glas-Trägerscheibe 5 mit dem Gehäuse 1 verhindert. Hierbei dient die Sollkontaktfläche 9.1 zur Begrenzung der axialen Bewegung des Trägerrings 6; die Soll-

10 kontaktfläche 9.2 dient zur Begrenzung der radialen Bewegung des Trägerrings 6.

Anhand der Figuren 2a und 2b seien nachfolgend zwei Varianten zur Signalverarbeitung innerhalb des erfindungsgemäßen Winkelmeßsystems

15 WMS erläutert.

Beide Figuren zeigen hierbei in schematischer Form im oberen Teil jeweils die um die Achse R rotierende inkrementale Meßteilung MT des Winkelmeßsystems WMS, die in diesem Ausführungsbeispiel von insgesamt vier stationären Abtasteinheiten A1 – A4 photoelektrisch abgetastet wird. Dar-

20 unter sind jeweils die verschiedenen elektronischen Signalverarbeitungselemente auf Seiten des Winkelmeßsystems WMS gezeigt, die als weitere Korrekturmittel zur Eliminierung exzentrizitätsbedingter Fehler fungieren.

Die vier Abtasteinheiten A1 – A4 sind im Abstand von 90° zueinander angeordnet und liefern im Fall der oben beschriebenen Abtastanordnung gemäß

25 der EP 0 412 481 B1 prinzipiell zwei sinus- und cosinusförmige Teil-Abtastsignale pro Abtasteinheit A1 – A4, die um 90° phasenversetzt zueinander sind, d.h. insgesamt liegen acht derartige Teil-Abtastsignale vor. Der besseren Übersichtlichkeit halber ist in den Figuren 2a und 2b jedoch stets nur ein

30 einziges Teil-Abtastsignal TAS1 – TAS4 pro Abtasteinheit A1 – A4 gezeigt, d.h. vier Teil-Abtastsignale. An der grundsätzlichen Art und Weise der erfindungsgemäßen Signalverarbeitung ändert dies jedoch nichts.

Die Teil-Abtastsignale TAS1 – TAS4 liegen jeweils in Form analoger, sinusförmiger Signale vor. In den beiden dargestellten Varianten der Figuren 2a und 2b werden die Teil-Abtastsignale TAS1 – TAS4 ggf. verstärkt und zunächst Komparator-Einheiten K1 – K4 zugeführt, über die aus densinusförmigen bzw. analogen Teil-Abtastsignalen TAS1 – TAS4 jeweils digitale, rechteckförmige Teil-Abtastsignale TRS1 – TRS4 erzeugt werden. Die rechteckförmigen Teil-Abtastsignale TRS1 – TRS4 werden anschließend jeweils Zähler-Einheiten Z1 – Z4 zugeführt, die in bekannter Art und Weise die Rechteckpulse der Teil-Abtastsignale TRS1 – TRS4 aufsummieren. 5
Ausgangsseitig liefern die Zähler-Einheiten Z1 – Z4 demzufolge in Abhängigkeit der zugeführten Teil-Abtastsignale TRS1 – TRS4 definierte, digitale Zählerstände ZS1 – ZS4. Ebenfalls in beiden Ausführungsformen werden anschließend die Zählerstände ZS1 – ZS4 einer Addier-Einheit ADD zugeführt. Am Ausgang der Addier-Einheit ADD liegt dann ein winkelabhängiges 10
Ausgangssignal Z vor, das aufgrund der beschriebenen Verarbeitung auch im Fall eventueller Exzentrizitäten der rotierenden Meßteilungfehlerkorrigiert ist. Beim fehlerkorrigierten Ausgangssignal Z handelt es sich demzufolge nach wie vor um einen winkelpositionsabhängigen Zählerstand. Durch die vorgenommene Addition der Zählerstände ZS1 – ZS4 lassen sich in bekannter Art und Weise die exzentrizitätsbedingten Meßfehler eliminieren. Im 15
Zusammenhang mit dieser bekannten Maßnahme sei beispielsweise auf die CH 426 285 verwiesen. 20

Vorteilhaft an dieser Art der Exzentrizitätsfehler-Korrektur ist primär, daß dabei grundsätzlich keine vollständige Signalauslöschung resultieren kann. Dies erfolgt beispielsweise im Fall der Exzentrizitäts-Korrektur über die Addition analoger, sinusförmiger Abtastsignale, wenn bestimmte Phasenbeziehungen zwischen den Teil-Abtastsignalen verschiedener Abtaststellen vorliegen. 25

30

Desweiteren sei ausdrücklich betont, daß wie oben beschrieben die Korrektur der exzentrizitätsbedingten Meßfehler über die Korrekturmittel erfindungsgemäß auf Seiten des Winkelmeßsystems WMS erfolgt. An die dem Winkelmeßsystem WMS nachgeordnete Auswerteeinheit AE werden dem-

zufolge fehlerkorrigierte Positionsmeßwerte übertragen, ohne daß auf Seiten der Auswerteeinheit AE weitere Korrekturschritte erforderlich sind.

5 Unterschiedlich wird nunmehr in den beiden Ausführungsbeispielen der Figuren 2a und 2b mit dem derart erzeugten fehlerkorrigierten Ausgangssignal Z verfahren, bevor dieses letztlich an die nachgeordnete Auswerteeinheit AE übertragen wird.

10 So ist gemäß der Variante in Figur 2a vorgesehen, das derart erzeugte Signal Z, das letztlich dem korrigierten Positionsmeßwert entspricht, einer schematisch angedeuteten D/A-Wandlereinheit D/A zuzuführen, über welche eine Umwandlung des digitalen Positionsmeßwertes Z in fehlerkorrigierte, analoge Ausgangssignale SIN, COS erfolgt. In Bezug auf die Realisierung der D/A-Wandlereinheit D/A existieren selbstverständlich eine Reihe
15 von Möglichkeiten. Beispielsweise kann die D/A-Wandlung der Positionsmeßwerte Z mit Hilfe abgespeicherter Tabellen erfolgen etc..

Die beiden um 90° phasenversetzten analogen Ausgangssignale SIN, COS werden anschließend zur Weiterverarbeitung an eine nachgeordnete Auswerteeinheit AE übertragen, beispielsweise an eine numerische Werkzeugmaschinensteuerung.
20

Die in Figur 2a vorgeschlagene Ausführungsform ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn das erfindungsgemäße Winkelmeßsystem WMS in Verbindung mit Auswerteeinheiten AE eingesetzt werden soll, die als Eingangssignale sinus- bzw. cosinusförmige Analogsignale voraussetzen.
25

Bei der in Figur 2b dargestellten, zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Winkelmeßsystems WMS wird hingegen das wie oben beschriebene erzeugte, am Ausgang der Addier-Einheiten ADD anliegende, fehlerkorrigierte Ausgangssignal Z einer Signalaufbereitungseinheit SE auf Seiten
30 des Winkelmeßsystems WMS zugeführt. Die Signalaufbereitungseinheit SE hat hierbei die primäre Funktion, das fehlerkorrigierte, winkelabhängige Ausgangssignal Z zur seriellen Übertragung an die nachgeordnete Auswerteeinheit AE aufzubereiten. An die Auswerteeinheit AE werden demzufolge

in dieser Ausführungsform fehlerkorrigierte Positionsmeßwerte POS in serieller Form übertragen.

- Vorteilhaft an dieser Variante ist insbesondere die Verringerung des Verkabelungsaufwandes zwischen dem Winkelmeßsystem WMS und der Auswerteeinheit AE, da zur Datenübertragung i.w. lediglich eine Signalübertragungsleitung erforderlich ist. Ferner bietet diese Ausführungsform die Möglichkeit, neben bzw. zusätzlich zu den fehlerkorrigierten Positionsmeßwerten POS im Rahmen des gewählten Übertragungsschemas weitere Daten vom Winkelmeßsystem WMS zur Auswerteeinheit AE zu übertragen. Hierbei kann es sich z.B. um die konkrete Information bezüglich einer eventuell vorliegenden Lagerungs-Exzentrizität handeln, d.h. die Angabe des Versatzes zwischen der idealen Rotationsachse und der tatsächlichen Rotationsachse des Schwenkrundtisches in der x-y-Ebene. Dies ist bei der dargestellten Variante in Figur 2b auch vorgesehen, wozu die Zählerstände ZS1 und ZS3 der gegenüberliegenden Abtasteinheiten A1 und A3 ferner einer ersten Differenzbildungseinheit DIF1 zugeführt werden und die Zählerstände ZS2 und ZS4 einer zweiten Differenzbildungseinheit. Aus der Differenzbildung der Zählerstände ZS1 und ZS3 resultiert in bekannter Art und Weise ein Versatzwert V1, der einen eventuellen Versatz der Rotationsachse R in y-Richtung angibt; analog hierzu beschreibt der Versatzwert V2 einen eventuellen Versatz der Rotationsachse R in x-Richtung. Die derart gebildeten Versatzwerte V1, V2 werden ebenfalls der Signalaufbereitungseinheit SE zugeführt, die diese Daten ebenfalls derart aufbereitet, daß eine serielle Übertragung zusammen mit den Positionsmeßwerten POS an die Auswerteeinheit möglich ist. In Bezug auf die Bestimmung der Versatzwerte V1, V2 sei an dieser Stelle ausdrücklich ergänzend auf die bereits oben erwähnte EP 0 325 924 B1 verwiesen.
- Neben den erwähnten Versatzinformationen können selbstverständlich noch weitere Informationen wie Überwachungs- und/oder Diagnosedaten zwischen dem Winkelmeßsystem WMS und der Auswerteeinheit AE im Rahmen der gewählten seriellen Datenübertragung ausgetauscht werden etc..

Die vorliegende Erfindung ist somit keinesfalls auf die beschriebenen Ausführungsformen beschränkt; es existieren im Rahmen dererfindungsgemäßen Überlegungen vielmehr eine Reihe zusätzlicher Möglichkeiten, die dem einschlägigen Fachmann geläufig sind.

Ansprüche

=====

1. Winkelmeßsystem zur hochpräzisen Bestimmung der Winkelposition eines um eine Drehachse (R) rotierenden Objektes, bestehend aus einer stationären Baueinheit und einer rotationssymmetrischen Meßteilung (4), die mit dem rotierenden Objekt verbindbar ist, wobei mehrere
5 Abtasteinheiten (A1 – A4) in einer definierten räumlichen Orientierung in der stationären Baueinheit angeordnet sind und zur Abtastung der Meßteilung (4) an mehreren verschiedenen Meßteilungsorten dienen und winkelpositionsabhängige Teil-Abtastsignale (TAS1 – TAS4) liefern und wobei das Winkelmeßsystem (WMS) Korrekturmittel umfaßt, um
10 aus den Teil-Abtastsignalen (TAS1 – TAS4) der Abtasteinheiten (A1 – A4) winkelabhängige Ausgangssignale (SIN, COS; POS) des Winkelmeßsystems (WMS) zu erzeugen, die um eventuelle Fehler bereinigt sind, die durch eine ggf. vorliegende Nicht-Übereinstimmung der Drehachse des Objektes (R) mit der Symmetrieachse der Meßteilung (4) resultieren.
15
2. Winkelmeßsystem nach Anspruch 1, wobei die Meßteilung (4) kreisringförmig ausgebildet ist und in axialer Richtung mit dem rotierenden Objekt verbunden ist.
20
3. Winkelmeßsystem nach Anspruch 2, wobei die Meßteilung (4) als Durchlicht-Meßteilung ausgebildet ist.
4. Winkelmeßsystem nach Anspruch 2, wobei die Meßteilung (4) mit einem
25 kreisringförmigen Trägerring (6) verbunden ist, der mittels Schraubver-

bindungen (7a, 7b) mit dem rotierenden Objekt verbunden ist, wobei die Schraubverbindungen (7a, 7b) axial zur Drehachse (R) orientiert sind.

- 5 5. Winkelmeßsystem nach Anspruch 4, wobei die Baueinheit zwischen dem stationären Teil und dem rotierenden Trägerring (6) Dichtungselemente (8a, 8b) aufweist.
- 10 6. Winkelmeßsystem nach Anspruch 2, wobei die Meßteilung (4) innerhalb der Baueinheit in einem Bereich angeordnet ist, welcher derart ausgebildet und dimensioniert ist, daß auch in dem Fall keine Kollision zwischen dem rotierenden Teil dem stationären Teil des Winkelmeßsystems (WMS) resultiert, wenn die Rotationsachse (R) des Objektes und die Symmetrieachse der Meßteilung (4) nicht exakt übereinstimmen.
- 15 7. Winkelmeßsystem nach Anspruch 6, wobei zwischen einem Gehäuse (1) der stationären Baueinheit und dem rotierenden Trägerring (6) ein oder mehrere Sollkontaktflächen (9.1, 9.2) vorgesehen sind, durch die die radiale und/oder axiale Bewegung des Trägerringes (6) begrenzt ist.
- 20 8. Winkelmeßsystem nach Anspruch 1, wobei die Korrekturmittel elektronische Signalverarbeitungselemente auf Seiten des Winkelmeßsystems (WMS) umfassen, welche die Teil-Abtastsignale (TAS1 – TAS4) der Abtasteinheiten (A1 – A4) derart verarbeiten, daß das Winkelmeßsystem (WMS) ausgangsseitig fehlerkorrigierte Ausgangssignale (SIN, COS,; POS) liefert.
- 25 9. Winkelmeßsystem nach Anspruch 8, wobei die elektronischen Signalverarbeitungselemente folgende Komponenten umfassen:
 - 30 a) mehrere Komparator-Einheiten (K1 – K4), der die analogen Teil-Abtastsignale (TAS1 – TAS4) zuführbar sind, und über die aus den Teil-Abtastsignalen (TAS1 – TAS4) rechteckförmige Teil-Abtastsignale (TRS1 – TRS4) erzeugbar sind,

b) mehrere Zählereinheiten (Z1 – Z4), der die rechteckförmigen Teil-
Abtastsignale (TRS1 – TRS4) zuführbar sind und die in Abhängigkeit
der zugeführten Teil-Abtastsignale (TRS1 – TRS4) ausgangsseitig defi-
nierte Zählerstände (ZS1 – ZS4) liefern,

5 c) ein oder mehrere Addiereinheiten (ADD), der die Zählerstände (ZS1 –
ZS4) der verschiedenen Abtasteinheiten (A1 – A4) zuführbar sind, so
daß am Ausgang der Addiereinheit(en) (ADD) ein fehlerkorrigiertes,
Ausgangssignal (Z) bezüglich der Winkelposition des rotierenden Ob-
jektes zur Verfügung steht.

10

10. Winkelmeßsystem nach Anspruch 9, wobei die Baueinheit ferner ein
oder mehrere D/A-Wandlereinheiten (D/A) umfaßt, denen die fehlerkor-
rigierten Ausgangssignale (Z) zugeführt werden, so daß analoge, win-
kelabhängige Ausgangssignale (SIN, COS) an die nachgeordnete Aus-
werteeinheit (AE) übertragbar sind.

15

11. Winkelmeßsystem nach Anspruch 8, wobei auf Seiten der Baueinheit
ferner eine Signalaufbereitungseinheit (SE) angeordnet ist, der die feh-
lerkorrigierten Ausgangssignale (Z) zugeführt werden und welche diese
zur seriellen Übertragung an eine nachgeordnete Auswerteeinheit (AE)
aufbereitet.

20

12. Winkelmeßsystem nach Anspruch 11, wobei das Winkelmeßsystem
(WMS) weitere Komponenten enthält, über die aus den erzeugten Teil-
Abtastsignalen (TAS1 – TAS4) zusätzliche Versatz-Informationen (V1,
V2) bezüglich eines eventuellen Versatzes des rotierenden Objektes er-
zeugbar sind und diese Versatz-Informationen (V1, V2) ebenfalls der
Signalaufbereitungseinheit (SE) zugeführt werden, die auch diese zur
seriellen Übertragung an eine nachgeordnete Auswerteeinheit (AE) auf-
bereitet.

25

30

13. Winkelmeßsystem nach Anspruch 12, wobei als weitere Komponenten
zur Erzeugung der Versatz-Informationen (V1, V2) mindestens zwei
Differenzbildungs-Einheiten (DIF1, DIF2) vorgesehen sind, denen die

Zählerstände (ZS1 – ZS4) von rechteckförmigen Teil-Abtastsignalen (TRS1 – TRS4) aus jeweils gegenüberliegenden Abtasteinheiten (A1 – A4) zugeführt werden.

- 5 14. Winkelmeßsystem nach Anspruch 1, wobei die Korrekturmittel in jeder
Abtasteinheit (A1 – A4) zwei Gruppen mit mehreren Abtastfeldern pro
Abtasteinheit (A1 – A4) umfassen, die geometrisch derart angeordnet
sind, daß der Flächenschwerpunkt aller Abtastfelder der einen Gruppe
gleich dem Flächenschwerpunkt der Abtastfelder der anderen Gruppe
10 ist.
15. Winkelmeßsystem nach Anspruch 14, wobei jede der beiden Gruppen
vier Abtastfelder umfaßt.

FIG. 1

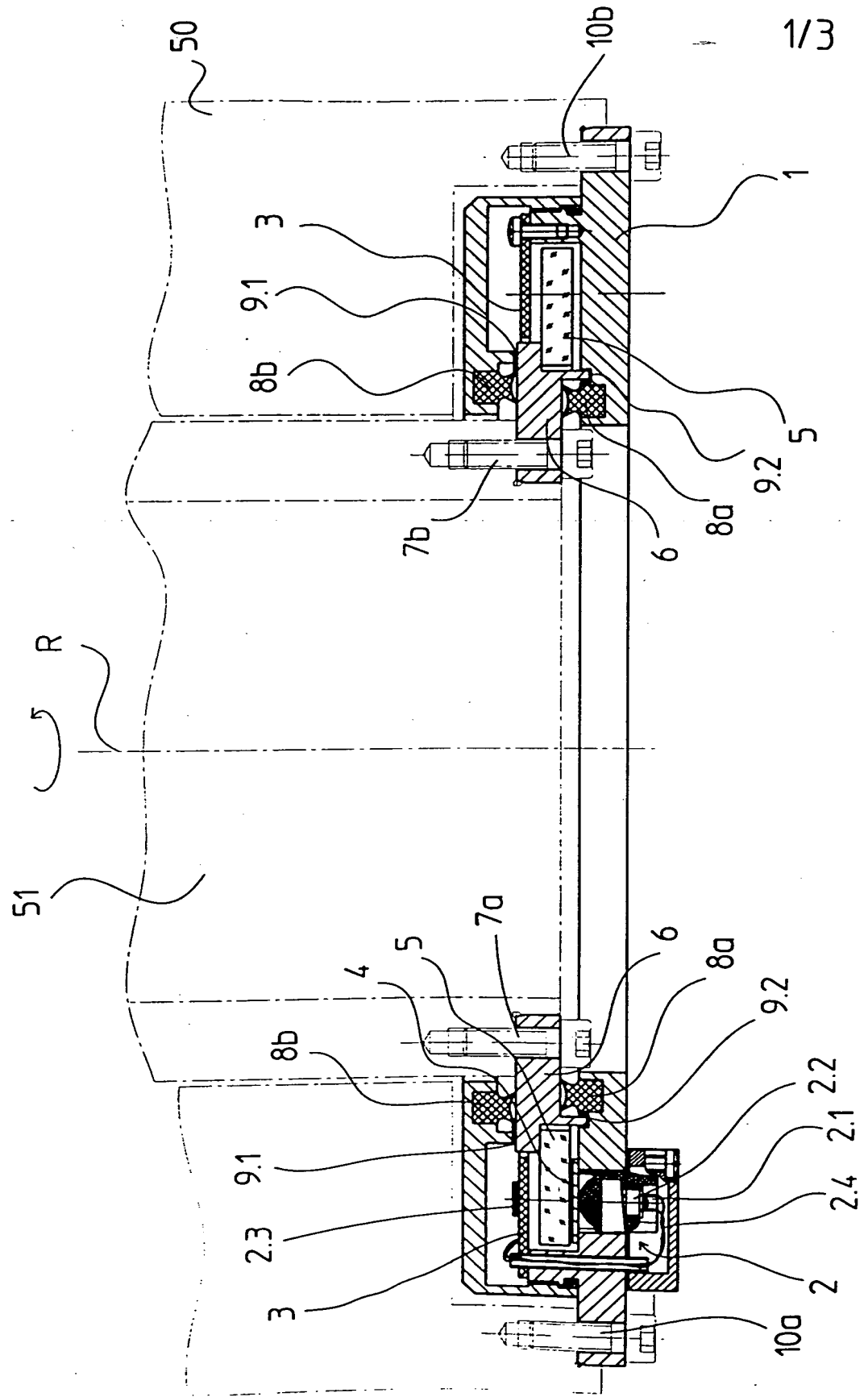


FIG. 2a

2/3

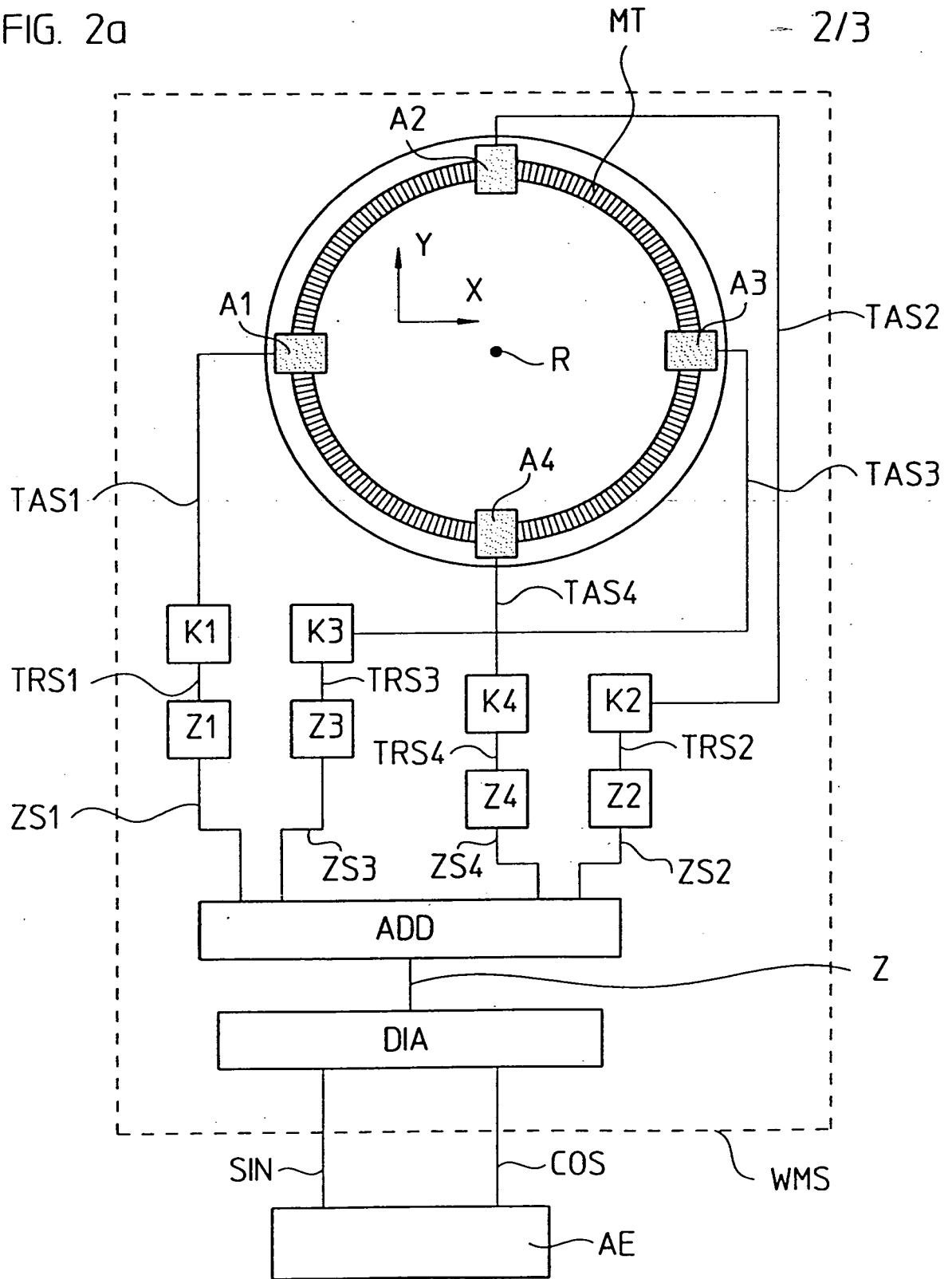
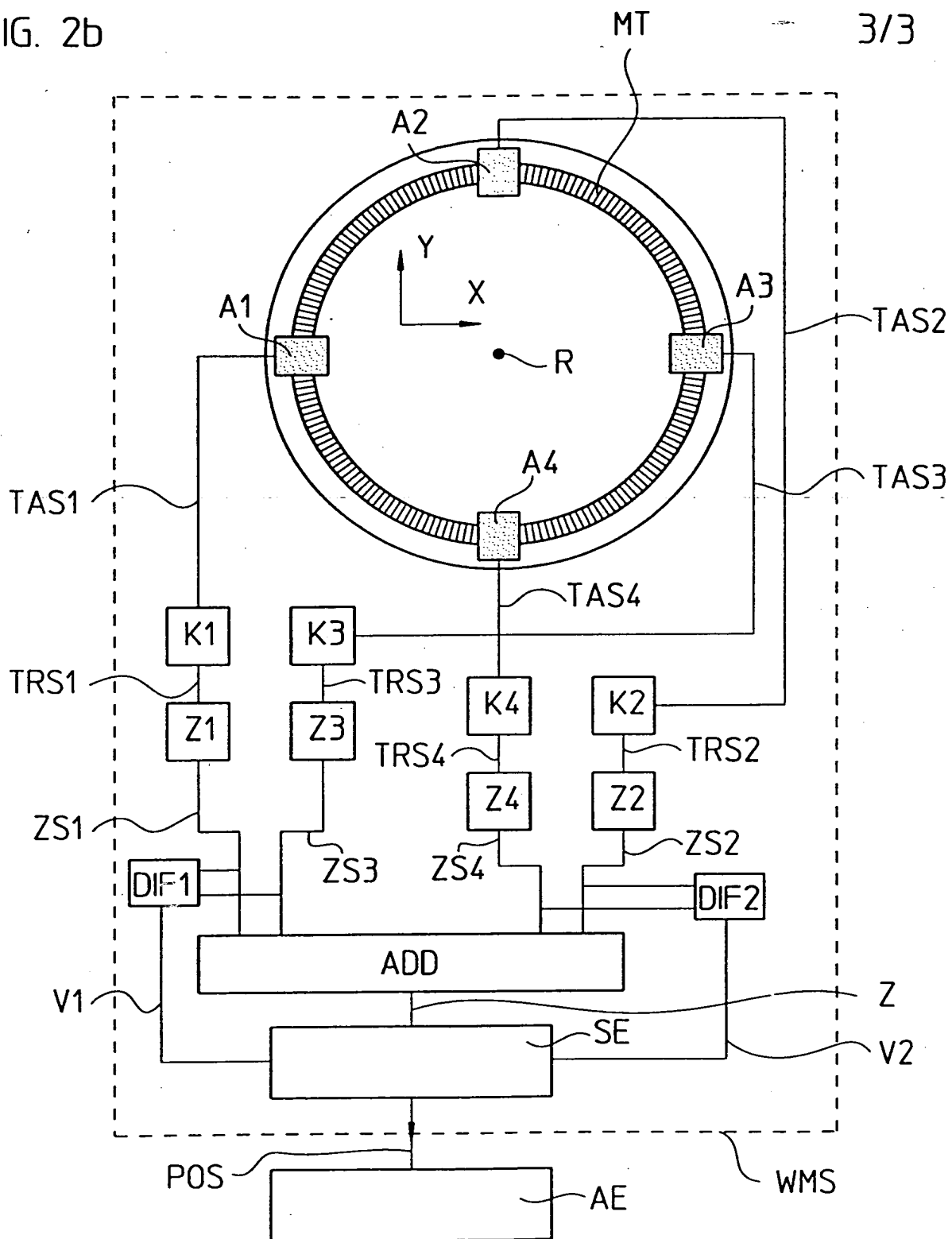


FIG. 2b

3/3



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.